



Università degli Studi di Firenze

Polo Scientifico e Tecnologico

Il verde nei centri urbani: l'albero giusto al posto giusto

Francesco Ferrini

Dipartimento di Ortoflorofrutticoltura – Università di Firenze

Premessa

La progettazione e la gestione sostenibile delle aree verdi si sono affermate, negli ultimi anni, come paradigma di riferimento per le politiche ambientali promosse a livello comunitario e nazionale. In particolare, la sostenibilità urbana assume una dimensione operativa, trovando riscontro nella pianificazione, realizzazione e gestione corretta e partecipata degli spazi verdi posti all'interno del tessuto cittadino e nell'immediato intorno. Il sistema delle aree verdi si contrappone in senso funzionale ed ecologico al groviglio d'infrastrutture ed elementi antropici che caratterizza ciascun mosaico urbano; il verde, attraverso anche la formazione di corridoi, tenta di ristabilire equilibri e funzionalità ecologiche essenziali per la qualità della nostra vita. A queste prerogative si sommano qualità inaspettate del verde cittadino, nuove funzionalità legate al riutilizzo di sostanza organica derivante da rifiuti compostati, all'assorbimento di polveri e metalli pesanti prodotti dai mezzi di trasporto e dagli impianti di riscaldamento, al contenimento degli squilibri termici e delle perdite di acqua meteorica. L'analisi della sostenibilità legata al verde urbano presuppone, pertanto, una conoscenza approfondita della struttura e delle funzioni delle aree verdi, nonché un bilancio, non solo economico, ma anche tecnico ed ambientale della loro realizzazione. L'impianto in ambiente urbano è, infatti, il complesso risultato dell'azione cumulativa ed equilibrata di una serie di fattori sia intrinseci, sia estrinseci al luogo d'impianto che, insieme alla scelta del materiale di piantagione, concorrono ad assicurare l'attecchimento e la successiva crescita delle piante.

La riconosciuta importanza dei suddetti fattori e la conoscenza degli stretti rapporti di interdipendenza e di complementarietà che li legano implica, quindi, l'evidente necessità, non solo della scelta di piante di qualità elevata, ma anche di tutte quelle tecniche colturali che influiscono sul miglioramento della struttura, aumentano la disponibilità idrica e l'attività microbica utile del terreno e che concorrono, quindi, a stabilire complessivamente le premesse tecnico-agronomiche indispensabili per assicurare la riuscita dell'impianto.

Volume necessario per la crescita sostenibile degli alberi

E' meglio spendere 100\$ in un albero e 200\$ nel sito d'impianto, anziché l'inverso" (International Society of Arboriculture, 1995. www.ag.uiuc.edu). Questa affermazione evidenzia l'importanza dell'operazione di messa a dimora e nel caso in cui l'impianto sia effettuato in aree urbane dove sono presenti infrastrutture ed edifici, è fondamentale avere a disposizione un volume di substrato esplorabile compatibile con una crescita sostenibile degli alberi. Per crescita sostenibile si intende che essi non solo sopravvivano, ma anche forniscano quei benefici, ormai noti a tutti e svolgano il ruolo che, in tali situazione, viene

V.le delle Idee n. 30 50019 Sesto Fiorentino (FI)

Tel.: 055 5254033 Fax: 055 525 4017

Cell. 349 8058012

e-mail: francesco.ferrini@unifi.it sito: www.dofi.unifi.it



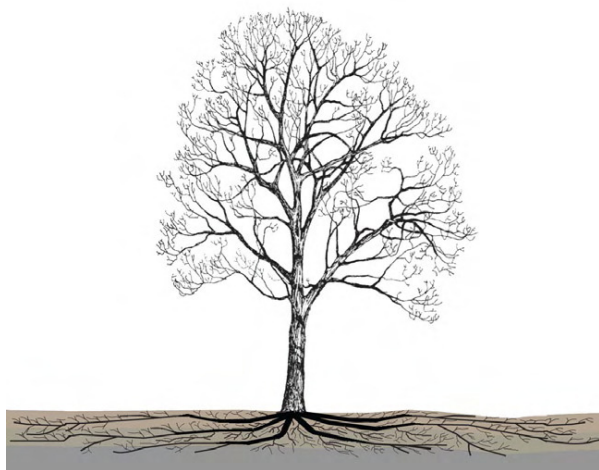
loro assegnato: cioè migliorare il clima e ridurre la presenza di sostanze inquinanti e che la crescita stessa non comporti costi economici eccessivi per la municipalità. Non è quindi sufficiente che gli alberi sopravvivano, ma che abbiano tassi di crescita e, conseguentemente, di sequestro di CO₂ superiori alla CO₂ da loro stessi prodotta per i normali processi vitali e da quella prodotta per la loro messa a dimora. A questo proposito è doveroso rilevare che è fondamentale il bilancio delle emissioni di CO₂ dovute alle operazioni di scavo e di impianto in aree già pavimentate e alla quantità di alberi e, soprattutto, il tempo necessari per la compensazione di tali emissioni. È, inoltre, fondamentale, la scelta della/e specie da impiantare, poiché è ampiamente dimostrato in letteratura che errori in questa fase possono determinare un aumento delle emissioni di CO₂ dovuto alle necessarie operazioni di mantenimento (irrigazione, potatura, ecc.)(Nowak et al., 2002).

Non meno fondamentale è il volume di suolo necessario per la crescita delle piante, nonché la qualità dello stesso. Numerosi autori hanno posto l'accento su quanto sia importante assicurare che l'apparato radicale abbia a disposizione un volume di suolo esplorabile, non solo per una fornire un ancoraggio compatibile con le dimensioni della pianta, ma anche per garantire un adeguato rifornimento di acqua e nutrienti senza dover ricorrere a continui

input esterni costosi non solo economicamente, ma anche considerati "carbon-generating".

In condizioni naturali, la zona di radicazione può essere fatta corrispondere approssimativamente alla superficie di proiezione della chioma, anche se, in condizioni non limitanti, è noto che l'espansione dell'apparato radicale è ben maggiore (vedi figura a lato).

È chiaro che tale situazione è difficilmente ottenibile in ambiente urbano, ma è comunque necessario che le buche



d'impianto o le trincee siano larghe almeno 3-4 m e che la profondità esplorabile sia non inferiore a 1,20-1,50 m per garantire anche un sufficiente ancoraggio, nonché un volume adeguato per le necessità idriche e nutritive degli alberi.

Questi valori appaiono alquanto difficili da raggiungere negli ambienti urbanizzati delle nostre città, soprattutto nei centri storici e, anche se buche d'impianto di minori dimensioni possono essere tollerate se le radici degli alberi possono penetrare nel suolo sotto le pavimentazioni, questo può essere reso difficoltoso a causa dell'impermeabilità di esse, dalla elevata compattazione e, come suddetto, dai conflitti con le infrastrutture. Qui di seguito sono



Tab. 1 - Volume di suolo minimo (Gilman 2009)

Diametro finale del tronco	soil volume
40 cm	$\approx 28 \text{ m}^3$
60 cm	$\approx 48 \text{ m}^3$

riportati alcuni valori di riferimento per quanto riguarda il volume di suolo necessario, estrapolati dai principali Autori di riferimento in questo settore :

Gilman (2009)(Tab. 1) riporta che sono necessari (almeno) da 28 a 48 m^3 di substrato per ogni albero di elevate dimensioni in buona salute. Il suolo non pavimentato (o con pavimentazione pervia)

dovrebbe essere equivalente a circa 3 volte il diametro a maturità per garantire un'adeguata crescita del tronco.

Bakker (1983 ref. Kopinga 1991) suggerisce che un albero richiede 0,75 m^3 di substrato per

m^3 di chioma e Kopinga (1991) suggerisce che l'incremento di volume esplorabile fino a 75 m^3 ha determinato un incremento della vigoria e, di conseguenza, della crescita degli alberi.

Bassuk e Lindsay (1991) affermano che è necessario almeno 1 m^3 di substrato per ogni 1,5 m^2 di superficie di proiezione della chioma (in realtà loro riportano 0,6 m^3 per 0,9 m^2 , ma il rapporto non cambia). Bisogna, in questo caso, specificare che i valori sono riferiti ad alberi con chioma espansa e non si

Volume di suolo necessario per un'adeguata crescita dell'albero



applicano ad alberi con chioma fastigiata e piramidale con base stretta.

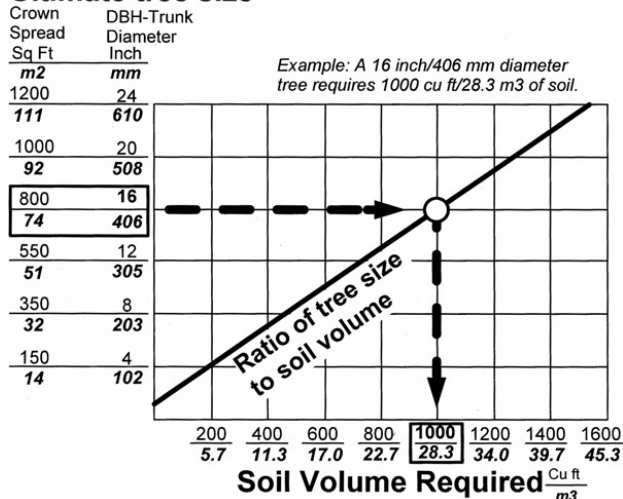
Tab. 2 - Volumi di suolo stimati come critici (da Bassuk, 2008)

Città	Massima evaporazione mensile (mm/mese)	Frequenza pioggia (giorni)	Volume suolo stimato (m^3) se l'acqua disponibile è	
			10%	15%
Ithaca, NY	158 Luglio	10	11,32	8,49
Seattle, WA	178 Luglio	20	25,48	16,99
Mobile, AL	183 Maggio	10	14,16	8,49
Indianapolis, IN	181 Giugno	15	21,24	14,16
Minneapolis, MN	200 Luglio	10	14,16	9,91
Miami, FL	201 Luglio	10	15,57	9,91
Denver, CO	245 Luglio	15	28,32	19,82
Phoenix, AZ	377 Giugno	80	232,20	152,91
Guelph, Ontario	147 Luglio	10	9,91	7,08
Vancouver, BC	124 Luglio	20	18,40	12,74
Calgary, Alberta	154 Luglio	20	22,65	15,57



Nella tabella 2 sono riportati i volumi critici calcolati sulla base della evaporazione giornaliera e sulla frequenza della pioggia in alcune città nordamericane. Seppure questi dati

Ultimate tree size



non siano pedissequamente applicabili ai nostri ambienti, possono comunque fornire delle informazioni utili sugli effettivi volumi di substrato necessari per assicurare non solo la sopravvivenza, ma anche una buona crescita degli alberi messi a dimora. Appare chiaro che maggiore è l'evaporazione (stimata), più elevato deve essere il volume disponibile per l'apparato radicale.

Urban (2008), quantifica il volume basandosi sul grafico qui riportato. Come è indicato nel grafico stesso, un albero di dimensioni rilevanti necessita

di almeno 28 m³ di substrato per raggiungere la dimensione a maturità e quindi, a fornire tutti i benefici attesi divenendo, in tale modo, un significativo contributore alla creazione di un ambiente più salubre.

Alberi di dimensioni rilevanti sono considerati quelli che, in condizioni non limitanti, possono produrre chiome di 15 metri e più sia in altezza che larghezza. Maggiori saranno le dimensioni dell'albero a maturità, più elevati saranno i benefici. Ad esempio una querce fornisce benefici circa 15 volte superiori rispetto ad un *Cornus*, secondo quanto riportato dallo USDA Forest Service. A tale riguardo è opportuno evidenziare che gli alberi

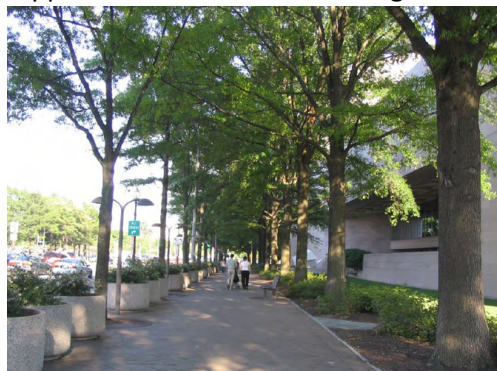


Figura 3 - Diversa crescita in piante di *Tilia tomentosa* messe a dimora con volumi di suolo (8,5 m³ e volume non limitante) e superficie non pavimentata diversa (da Bassuk), pochi anni dopo la piantagione e circa 30 anni dopo

mostrano un tasso di sequestro e di stoccaggio del carbonio nei loro tessuti variabile in funzione di diversi fattori quali, ad esempio, le dimensioni a maturità, la durata del ciclo vitale ed il tasso di crescita. Allo stesso tempo, la gestione degli alberi rilascia carbonio nell'atmosfera a causa dell'uso di combustibili fossili necessari per l'impiego di mezzi



Università degli Studi di Firenze

Polo Scientifico e Tecnologico

meccanici. L'impianto e la gestione di alberi in siti non adeguati e l'impiego di specie non adatte, può trasformare gli alberi stessi da "carbon sink" a "carbon emitters", poiché la CO₂ prodotta per il loro mantenimento è superiore a quella organicata (Nowak et al. 2002).



Altrettanto importante è la profondità del substrato d'impianto che non deve essere inferiore ad 1 m per garantire non solo un adeguato rifornimento di acqua e nutrienti, ma anche per assicurare l'ancoraggio delle piante in modo che esse non costituiscano un potenziale pericolo per i fruitori dell'area. Profondità maggiori, in ogni caso, consentono, alle radici di avere a disposizione un volume esplorabile maggiore e sono necessarie ogniqualvolta la superficie esposta sia ridotta. Appare anche importante anche

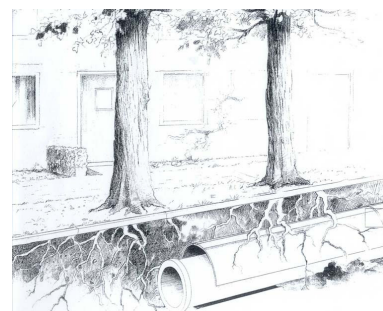
sottolineare che, quando il volume di suolo disponibile non è sufficiente ed esistono infrastrutture sotterranee (tubazioni dell'acqua, sottoservizi, ecc.) non adeguatamente



isolate, le radici possono penetrare all'interno di queste causando danni economici rilevanti che sono una delle cause principali di spesa per alcune municipalità (Randrup et al. 2001). Non meno rilevanti possono essere i danni a manufatti superficiali ed alle pavimentazioni stradali.

Le problematiche legate alla presenza di infrastrutture sotterranee ed alle interazioni fra queste e le radici delle piante sono state oggetto di diversi progetti sperimentali che hanno prodotto una vasta letteratura (Cost Action C15, Final scientific report dal quale sono

state tratte le illustrazioni di questa pagina) . Evitare di piantare alberi di elevate dimensioni con apparati radicali estesi in corrispondenza di infrastrutture sotterranee è la prima indicazione da seguire. A questo riguardo appare interessante riportare la lista indicativa elaborata da Kopinga (2007) in cui è riportata la frequenza, in Olanda, di danni alle pavimentazioni da parte delle specie di prima e seconda grandezza più diffuse in ambito urbano (L'indicazione fra parentesi è statisticamente non significativa per il numero limitato di dati).

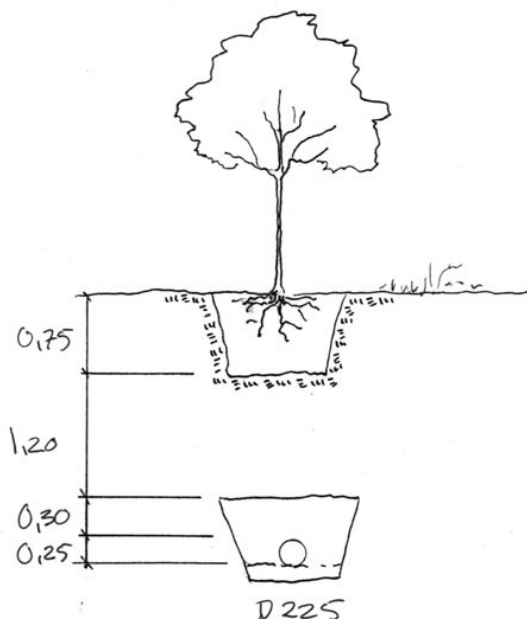




Università degli Studi di Firenze

Polo Scientifico e Tecnologico

Specie	Frequente	Occasionale	Rara
Acer platanoides			x
Acer pseudoplatanus		x	
Acer saccharinum	x		
Aesculus hippocastanum			x
Ailanthus altissima		(x)	
Betula spp.	x		
Carpinus betulus			x
Catalpa spp.		(x)	
Celtis spp.		(x)	
Corylus colurna			x
Fagus sylvatica x			
Fraxinus excelsior		x	
Gledisia triacanthos		x	
Juglans nigra			x
Pauwlonia tomentosa		(x)	
Pinus sylvestris	x		
Platanus acerifolia		x	
Populus alba	x		
Populus nigra	x		
Populus simonii		(x)	
Populus spp.	x		
Quercus robur			x
Quercus rubra x			
Quercus palustris		x	
Robinia pseudoacacia	x		
Salix alba	x		
Sophora japonica	(x)		
Sorbus spp.		x	
Tilia spp.		x	
Ulmus spp			



L'albero nella figura è stato messo a dimora direttamente sopra una fognatura per l'acqua piovana. Il diametro della tubazione è piccolo ed il flusso dell'acqua si trova a circa 2,5 m. La distanza critica (distanza fra la base della buca d'impianto e la tubazione) è soltanto 1,2 m. Il materiale della tubazione è poroso e facilmente penetrabile (da Ridgers, Rolf e Stal, 2007).

Esempio di conseguenze di misure preventive e modifiche del sito d'impianto considerando varie alternative:

Impianto dell'albero: distanza orizzontale fra l'albero e la tubazione variata (vedi sotto)

Sito d'impianto: pavimentazione con volume di substrato ridotto (circa 4m³)

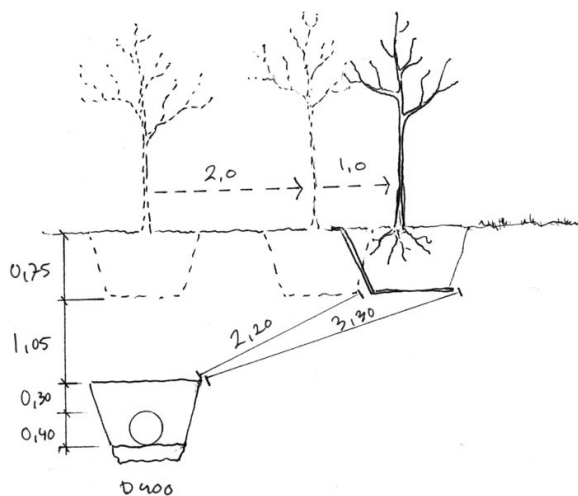
Scelta della specie: Albero secondario con ridotta vigoria radicale (Tiglio, *Tilia x europaea*).

Stima della durata del ciclo vitale: 150 anni

Tipo di tubazione: fognatura in cemento, Ø 400 mm.

Stima durata tubazione: 100 anni.

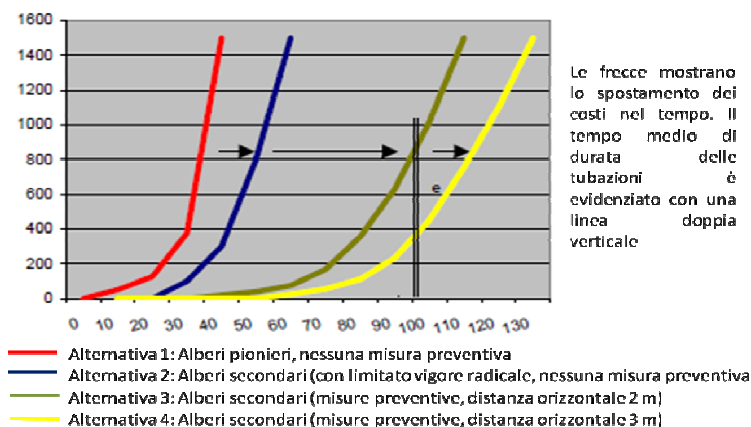
Profondità tubazione: 2.5 m



La figura riporta tre esempi di impianto dell'albero: all'aumento della distanza critica fra l'albero e la tubazione, diminuisce l'incidenza di intrusione radicale. Se si installano barriere radicali orizzontali e verticali, l'intrusione può essere ulteriormente spostata nel tempo (da Ridgers, Rolf e Stal, 2007).



**Costi conseguenti all'impianto di alberi in prossimità delle fognature
(da Ridgers, Rolf e Stal, 2007)**



Il grafico a lato mostra i costi in funzione di quattro diverse alternative per l'impianto, testate a Malmö (Svezia). Alternativa 1: la curva mostra i costi reali, impiantando una specie pioniera (*Salix alba*), una specie con elevata vigoria radicale. Questa curva è stata utilizzata per le successive proiezioni. La curva si presenta spostata nel tempo in base a varie

misure preventive. I problemi causati dalle radici diventano acuti dopo circa 40 anni. Alternativa 2: il progettista ha scelto un albero di seconda grandezza (secondario) con una limitata vigoria (crescita) radicale (*Tilia x europaea*) direttamente sopra la tubazione senza prendere nessuna misura preventiva. Questo causa una rapida intrusione e le radici diventano un problema contingente dopo 45 anni circa. In questo caso si rende necessario un rinnovamento delle tubazioni, il rimpiazzo dell'albero o una modifica del sito d'impianto. L'investimento originale ha una vita più breve e, di conseguenza, un maggior costo per unità di tempo. Alternativa 3: in questo caso il progettista ha posto l'albero ad una distanza orizzontale di due metri dalla tubazione ed ha applicato misure preventive ed ha scelto di migliorare il substrato creando un volume di almeno 10 m³ (è, tuttavia, necessario suolo strutturale). Ciò dovrebbe limitare l'intrusione radicale e sposterla nel tempo. Alternativa 4: il progettista ha la possibilità di scegliere una maggiore distanza orizzontale (3 m). Tutti gli altri fattori sono come per l'alternativa 3. Si può avere, in questo caso, un ulteriore spostamento nel tempo e questo esempio mostra come sia possibile avere un minore costo d'investimento e di mantenimento per unità di tempo. Si può chiaramente evincere che la scelta del sito d'impianto, della specie e la messa a punto di misure preventive sono fondamentali per limitare costi d'investimento ed i futuri costi di mantenimento. Nella tabella è riassunto quanto emerge dal diagramma.

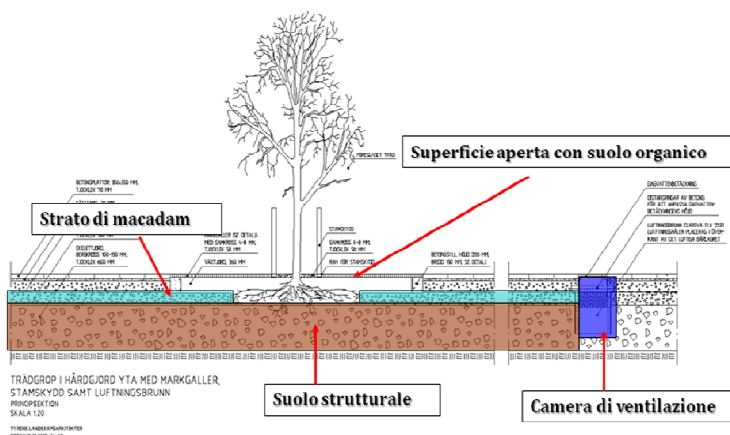


Table 4. Importanza delle dimensioni delle tubazioni per la intrusione radicale. Le scelte in fase di progettazione sono correlate alla specie, al sito d'impianto ed alla tipologia di tubazione (Da Ridgers, Rolf e Stål, 2007)

Diametro del tubo	Suscettibilità alla intrusione radicale	Parametri principali	Parametri secondari
Piccoli <300 mm	Alta	Specie	
		Localizzazione dell'albero	
		Miglioramento del sito d'impianto	
		barriere radicali	
Grandi >600 mm	Bassa	Specie	Localizzazione dell'albero
		Miglioramento del sito d'impianto	
		Barriere radicali	

Nella figura successiva sono schematizzate le specifiche per un sito d'impianto in aree edificate adottate per la messa dimora di alcuni alberi a Stoccolma. La spesa media per l'impianto si aggira, per alberi di calibro medio, intorno i 10.000 euro, poiché al costo di acquisto della singola pianta, devono essere aggiunti tutti i costi necessari alla creazione di un appropriato sito d'impianto e alla messa in opera di strutture volte ad impedire che gli apparati radicali creino danni non solo alle infrastrutture sotterranee, ma anche alla pavimentazioni. Detto questo non devono essere assolutamente sottovalutate le emissioni di CO₂ determinate dalle operazioni di scavo, messa dimora e per la successiva continua e puntuale manutenzione che eviti stress agli alberi (fino a determinarne la morte) e ne riduca fortemente le funzioni di carbon-sink e di miglioramento ambientale. Questo tipo di emissione non viene quasi mai considerato quanto si mettono a dimora alberi nelle aree urbane dove, per fornire agli alberi le possibilità anche solo minime

Stoccolma – tecniche d'impianto per alberi in ambiente urbano. Costo medio circa 10000 euro (Da Stal, 2007)





di poter attecchire e crescere, viene prodotta una quantità rilevante di CO₂ la cui compensazione può richiedere numerosi anni. In tali situazioni, sarebbe opportuno valutare scelte alternative che prevedano l'impianto di aree verdi (non solo di alberi) nelle zone limitrofe (es. aree commerciali dismesse, ex edifici industriali rimasti inglobati nel tessuto urbano e da tempo abbandonati, che anche se occupanti aree limitate, possono rappresentare, qualora sottoposti a riqualificazione, un'alternativa "ambientale" rispetto alla costruzione di nuovi edifici) con minimo impegno economico e con potenziali migliori risultati ambientali, grazie all'effetto massa ed alle maggiori aspettative di durata del ciclo vitale delle piante.

Specie	Peso fresco fogliame (g)
<i>A. campestre</i>	45
<i>A. negundo</i>	65
<i>A. platanoides</i>	150
<i>A. pseudoplatanus</i>	90
<i>A. saccharinum</i>	115
<i>Aesculus hippocastanum</i>	325
<i>Ailanthus altissima</i>	65
<i>Betula verrucosa</i>	140
<i>Carpinus betulus</i>	50
<i>Celtis occidentalis</i>	60
<i>Fagus sylvatica</i>	55
<i>Fagus s. 'Atropurpurea'</i>	70
<i>Fraxinus excelsior</i>	90
<i>Gleditsia triacanthos</i>	85
<i>Juglans nigra</i>	125
<i>Pauwlonia tomentosa</i>	200
<i>Platanus x acerifolia</i>	115
<i>Populus nigra</i>	60
<i>Populus simonii</i>	80
<i>Quercus robur</i>	80
<i>Quercus rubra</i>	120
<i>Robinia pseudoacacia</i>	90
<i>Salix alba 'Tristis'</i>	75
<i>Sophora japonica</i>	100
<i>Tilia platanoides</i>	75
<i>Ulmus glabra</i>	80

Altro fattore da tenere in considerazione quando si mettono a dimora alberi in aree di centro storico, sono spesso non sufficientemente considerate, fra le altre pratiche di gestione, le problematiche legate alla raccolta delle foglie, tenendo conto che questa operazione non è solo costosa dal punto di vista economico, ma anche ambientale, poiché vengono utilizzati macchinari che producono elevate quantità di CO₂ ed altre sostanze inquinanti. La tabella a lato indica il peso medio delle foglie prodotte dalla principali specie diffuse nelle aree urbane (da Kopinga. 2007).

A conclusione della presente relazione, è da porre in evidenza che piantare alberi è uno dei presupposti di gran parte dei programmi di miglioramento ambientale delle principali istituzioni internazionali che si occupano di ambiente e, nel presente di scenario di cambiamenti globali (non solo climatici), la scelta delle piante da inserire nelle aree verdi delle nostre città non può e non deve avvenire solo su basi estetiche o limitando la scelta alle sole specie indigene, ma deve tener conto del potenziale

"contributo" ambientale che le specie che saranno messe a dimora potranno apportare.

Appare perciò necessario che questa scelta debba essere basata su altri parametri come la quota d'inquinanti rimossi dalla vegetazione, il miglioramento, in percentuale, della qualità dell'aria, l'emissione oraria e giornaliera dei composti organici volatili da parte della pianta, ed il relativo impatto sulla genesi di ozono e di monossido di carbonio annuali; l'ammontare totale del carbonio organico, l'effetto del bosco urbano sull'efficienza energetica nella zona confinante, la produzione di polline e allergeni, l'evapotraspirazione e la conseguente modifica del microclima. A questi parametri devono essere aggiunte l'eventuale (o potenziale) suscettibilità/resistenza/tolleranza a stress biotici e abiotici che, spesso, non è



presa nella dovuta considerazione e ciò può determinare dei costi di gestione e dei mancati benefici tali da causare il fallimento dell'impianto.

Bibliografia citata e consultata

1. A.A.V.V., 2007. Improving relations between technical infrastructure and vegetation. Final scientific report della Azione Cost C15.
2. Baietto M., Ferrini F., 2005. Misure del benessere (Effetto delle Caratteristiche del substrato e dell'ampiezza dell'area non pavimentata sulla crescita e sugli scambi gassosi di piante di *Acer platanoides* L. *Acer*, 2:
3. Benedikz T., F. Ferrini, H.L. Garcia Valdecantos, M.L. Tello, 2005. Plant Quality. In "Urban Forest and Trees". Springer Verlag – The Netherlands
4. Bradshaw A., Hunt B., Walmsley T., 1995. Trees in the urban landscape. E & FN SPON, London, pp. 272.
5. Clark J.R., N.P. Matheny, G. Cross and V. Wake, 1997. A model of urban forest sustainability. *Jou. Arbor.* 23(1):17-30.
6. Coder, K. 1996. Tree planting area size: futuring resource availability and identifying constraints. Univ. of Georgia Coop. Ext. Serv. For. Res. Unit For. 96-38.
7. Craul, P.J. 1992. Urban soil in landscape design. John Wiley and Sons, Inc., New York.
8. F. Ferrini, A. Giuntoli, F.P. Nicese, S. Pellegrini, N. Vignozzi, 2005. Effect of fertilization and backfill amendments on soil characteristics, growth and leaf gas exchanges of english oak (*Quercus robur* L.). *Jou. Arboric*, 31(4):182-190
9. Ferrini F., 2006. Fattori abiotici coinvolti nel deperimento delle specie arboree in ambiente urbano. *Acer*, 4:43-49, 5:49-53 6:53-56
10. Ferrini F., 2009. Gli indirizzi del mondo scientifico nella direzione della sostenibilità ambientale nella gestione del verde. Atti Convegno High Tech Green Symposium, Bologna 11 settembre 2009.
11. Ferrini F., A. Fini, 2009. Sustainable management techniques for trees in the urban areas. ISAAC, 1st-6th May 2008, Newcastle NSW-Australia.
12. Ferrini F., G. Nicolotti, 2009. Arboriculture: an international perspective. *Arborist News* 18 (3):25-28.
13. Fini A., F. Ferrini, 2007. Influenza dell'ambiente urbano sulla fisiologia e la crescita degli alberi. *Italus Hortus* 17(1):9-24
14. Fini A., Ferrini F., 2009. Effects of soil management techniques on growth and physiology of *Acer campestre* L. and *Carpinus betulus* L. Submitted for the publication in *European Journal of Forest Research*
15. Grabosky J. and Bassuk N., 1995. "A new urban tree soil to safely increase rooting volumes under sidewalks", *J. Arboric*. 21(4).



16. Harris, R.W, J.R. Clark, N.P., Matheny. 2004 Arboriculture, 4th Ed. Prentice Hall Inc., New Jersey 07658
17. Johnson A.D. e H.D. Gerhold, 2003. Carbon storage by urban tree cultivars, in roots and above ground. Urban Forestry & Urban Greening, 2: 65-72.
18. Kopinga, J. (1991) The effects of restricted volumes of soil on the growth and development of street trees. *Journal of Arboriculture* **17**, 57-63.
19. Kristoffersen P., 1998. Designing urban pavement sub-bases to support trees. J. Arboric., 24(3):121-126.
20. McPherson E.G., 2007. Benefit-based tree valuation. Arboriculture & Urban Forestry, 33(1): 1-11.
21. Montague, T. and R. Kjelgren 2004. Energy balance of six common landscape surfaces and the influence of surface properties on gas exchange of four containerized tree species. *Scientia Horticulturae*, 100:229-249.
22. Nowak, D.J., 1993. Atmospheric carbon reduction by urban trees. *Journal of Environmental Management* 37(3), 1993: 207-217.
23. Nowak D.J. e D.E. Crane, 2002. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, 116: 381-389
24. Pauleit, S., N. Jones, G. Garcia-Martin, J.L. Garcia-Valdecantos, L.M. Rivière, L. Vidal-Beaudet, M. Bodson and T.B. Raundrup. 2002. Tree establishment practice in towns and cities – Results from a European survey. *Urban Forestry & Urban Greening* 1:83-96.
25. Perry T.O., 1993. Size, design, and management of tree planting sites. In "The Landscape below ground" ISA publ.:3-15
26. Randrup T.B., E.G. McPherson, L.R. Costello. 2001. Urban Ecosystems, 5:209-225.
27. Schutzki R.E. & E.H. Tripp. 2008. Sustainable plant selection. The Michigan Landscape, June:55-61.
28. Trowbridge, P.J., and N.L. Bassuk. 2004. Trees in the urban landscape: 85-92. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ-USA ISBN 0-471-39246-4, pp XIV+207.
29. Urban J.R. 2008. Soils Under Suspended Pavements for Tree Roots and Rain Water. Paper presented at the 2008 European Congress of Arboriculture, Torino, Italy.
- 30.** Watson G.W., E.B. Himelick, 1997. Principles and practice of planting trees and shrubs. International Society of Arboriculture. pag.35-80.

Sesto Fiorentino, 30 Novembre 2009

(Prof. Francesco Ferrini)